

17-2000

Rin

CLIPPEDIMAGE= JP02001086725A

PAT-NO: JP02001086725A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001086725 A

ONVO

TITLE: LINEAR MOTOR, STAGE SYSTEM, AND ALIGNER

PUBN-DATE: March 30, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ONO, KAZUYA

N/A

UDA, YUTAKA

N/A

TANAKA, TOSHIHISA

N/A

KOMINAMI, TADAHIRO

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIKON CORP

N/A

APPL-NO: JP11257364

APPL-DATE: September 10, 1999

INT-CL (IPC): H02K041/03;H02K001/34 ;H02K041/02

ABSTRACT:


PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a linear motor for reducing calorific value and energy loss of the system as a whole, in a stage system which uses the linear motor.

SOLUTION: A linear motor 100 includes a movable member 120, made of an annular permanent magnet 121 laid along an inner face of a tube-shaped yoke 122 and a stator 110 made of a core member 111 with a coil turned thereon. As to a thickness t , the tube-shaped yoke 122 has a thickness t_x smaller than a given thickness t_0 for obtaining a maximum magnetic flux density by the permanent magnet 121. Then, a decrease in drive force caused by

leakage of magnetic flux
from the tube-shaped yoke 122 and the advantage of
lightweight of the stage
with the thinner tube-shaped yoke 122 are compared, and a
thickness t_x is
decided as a value, such that the calorific value is
reduced to a minimum
during the drive of the stage under the same conditions.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

LINEAR MOTOR, STAGE SYSTEM, AND ALIGNER

Patent Number: JP2001086725
Publication date: 2001-03-30
Inventor(s): ONO KAZUYA;; UDA YUTAKA;; TANAKA TOSHIHISA;; KOMINAMI TADAHIRO
Applicant(s): NIKON CORP
Requested Patent:  JP2001086725
Application Number: JP19990257364 19990910
Priority Number(s):
IPC Classification: H02K41/03; H02K1/34; H02K41/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a linear motor for reducing calorific value and energy loss of the system as a whole, in a stage system which uses the linear motor.

SOLUTION: A linear motor 100 includes a movable member 120, made of an annular permanent magnet 121 laid along an inner face of a tube-shaped yoke 122 and a stator 110 made of a core member 111 with a coil turned thereon. As to a thickness t , the tube-shaped yoke 122 has a thickness t_x smaller than a given thickness t_0 for obtaining a maximum magnetic flux density by the permanent magnet 121. Then, a decrease in drive force caused by leakage of magnetic flux from the tube-shaped yoke 122 and the advantage of lightweight of the stage with the thinner tube-shaped yoke 122 are compared, and a thickness t_x is decided as a value, such that the calorific value is reduced to a minimum during the drive of the stage under the same conditions.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-86725

(P2001-86725A)

(43)公開日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-コード(参考)

H 0 2 K 41/03

H 0 2 K 41/03

A 5 H 0 0 2

1/34

1/34

5 H 6 4 1

41/02

41/02

A

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 18 頁)

(21)出願番号

特願平11-257364

(22)出願日

平成11年9月10日(1999.9.10)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 小野 一也

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72)発明者 宇田 豊

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺 (外1名)

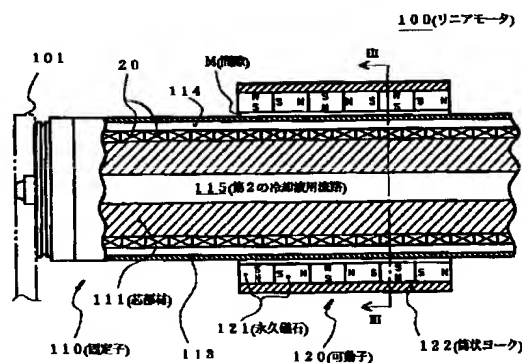
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リニアモータ、並びにこれを用いたステージ装置及び露光装置

(57)【要約】

【課題】 リニアモータが設置されるステージ装置において、装置全体として発熱量を低く抑えて、エネルギー損失を少なくできるリニアモータを提供する。

【解決手段】 リニアモータ100は、筒状ヨーク122の内周面に沿うように環状の永久磁石121が敷設されて可動子120が構成され、芯部材111にコイル20が巻かれて固定子120が構成される。筒状ヨーク122の厚さ(t)は、永久磁石121によって最大磁束密度が得られる所定の厚さ(t0)より薄く(tx)形成されている。この厚さ(tx)は、筒状ヨーク122から磁束が漏れることによるステージの駆動力の低下と、該筒状ヨーク122を薄くしたことによるステージの軽量化とを比較し、同じ条件の下で当該ステージ駆動時の発熱量(Q)が最小となる値に決定される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性体からなる筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記筒状ヨークの厚さが、前記永久磁石によって飽和磁束密度となる所定の厚さより薄く形成されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項2】 前記筒状ヨークの厚さは、該筒状ヨークから磁束が漏れることによるステージの駆動力の低下と、該筒状ヨークの軽量化によるステージの軽量化とを比較して、当該ステージの駆動時の発熱量が最小となる値に決定されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項3】 芯部材及び該芯部材に巻かれたコイルを有する固定子と、略環状に形成された磁石を有し該磁石の内側に前記固定子が配置される可動子とを備えたりニアモータであって、

前記芯部材は、複数の棒状部材が互いに結合された柱状に形成され、

前記棒状部材は、板状の強磁性体鋼板が積層されて構成されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項4】 複数の前記棒状部材は、各々断面が略扇形に形成されて該扇の要側を中心に結合されて柱状に形成されると共に、

複数の前記棒状部材における各々の扇の要側が切り欠かれることで前記芯部材の軸芯部分が中空となっていることを特徴とする請求項3に記載のリニアモータ。

【請求項5】 磁性体からなる筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記芯部材は、強磁性体の板状部材が、軸芯を中心に放射状に配置され、該板状部材の間に樹脂が充填された柱部材にて構成されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項6】 前記板状部材の間に、強磁性体の細棒部材が配置され、前記板状部材と前記細棒部材との間に樹脂が充填されていることを特徴とする請求項5に記載のリニアモータ。

【請求項7】 磁性体からなる筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記芯部材が、強磁性体の細棒部材が束ねられ、これら細棒部材間に樹脂が充填された柱部材にて構成されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項8】 前記芯部材の外周に、該芯部材に巻き付けられたコイルからの一対の引出線を収容する溝が形成されていることを特徴とする請求項1から請求項7の何れかに記載のリニアモータ。

【請求項9】 前記芯部材に巻き付けられたコイルからの一対の引出線が、互いに異なる方向に引き出されていることを特徴とする請求項1から請求項8の何れかに記載のリニアモータ。

【請求項10】 前記芯部材に巻き付けられたコイルからの一対の引出線が同一方向に引き出され、これに隣接するコイルの引出線が逆方向に引き出されていることを特徴とする請求項8に記載のリニアモータ。

【請求項11】 前記固定子の芯部材は、強磁性体からなる第1の芯部と、非磁性体からなる第2の芯部とからなり、

前記第2の芯部によって、前記固定子に前記可動子の特機領域が構成されていることを特徴とする請求項1から請求項10の何れかに記載のリニアモータ。

【請求項12】 筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が複数敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記筒状ヨークに軸方向にスリットが設けられ、その内部に複数の環状の永久磁石が、軸方向に整列して収容されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項13】 筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が複数敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記筒状ヨークが、両端に締結部が形成された2つの樋状部材からなり、

前記締結部が互いに結合されて、その内部に複数の前記環状の永久磁石が軸方向に整列して収容されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項14】 筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が複数敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

前記筒状ヨークが、両端に締結部が形成された2つの樋状部材からなり、

前記2つの樋状部材の一方の締結部が互いに蝶番によって連結され、他方の連結部が互いに結合されて、その内部に複数の前記環状の永久磁石が軸方向に整列して収容されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項15】 筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、

1の筒状ヨークと、その内面に収容された環状の永久磁石とでユニットが構成され、

複数のユニットが同軸に複数接合されて、前記可動子が構成されていることを特徴とするリニアモータ。

【請求項16】 前記ユニットの接合面には、ユニット間の位置決めを行うための凹部又は凸部が形成されてい

ることを特徴とする請求項15に記載のリニアモータ。

【請求項17】 請求項1から請求項16の何れかに記載のリニアモータが、ステージ部の駆動手段として用いられていることを特徴とするステージ装置。

【請求項18】 請求項17に記載のステージ部は、露光装置のレチクルを移動させるレチクルステージであることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ムービングマグネット型リニアモータ並びにこれを用いたステージ装置及び露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、リニアモータをステージ部の駆動装置として用いたステージ装置が公知である。駆動装置としてリニアモータを用いることで、直進性に優れたステージ装置が実現できる。このリニアモータの一種として、コイル部を軸状の固定子とし、磁石部を有する可動子を円筒状に形成して前記固定子が中心を貫通するように構成したムービングマグネット型のリニアモータが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のリニアモータには、解決すべき多くの課題があった。第1には、リニアモータの駆動時の発熱量を如何に抑えるかという課題である。これは、固定子の重量と関連する問題である。すなわち、前記ムービングマグネット型のリニアモータにあっては、可動子は筒状ヨークにてその外周部が構成され、その内側に多数の永久磁石が配置されている。この筒状ヨークは、強磁性体（例えば、低炭素鋼）からなりその厚さは、内側に配置された永久磁石によって、筒状ヨーク内が飽和磁束密度となる十分な厚さとなっている。これにより永久磁石から磁束が最大限にリニアモータの推進力に反映される。

【0004】しかし、一方で、筒状ヨークの厚さを、単に、飽和磁束密度が得られるに十分な厚さとした場合、その厚さによって、可動子の重量が大きくなり、これに起因して、一定の仕事量当たりのリニアモータの発熱量が大きくなり、ひいては、エネルギー損失が生じるという不具合があった。第2には、リニアモータの冷却液用流路を固定子の軸芯に如何に設けるかという課題である。すなわち、リニアモータの軸芯は、例えば、積層ケイ素鋼板からなり、軸芯部分に渦電流が生じないようにしている。しかし、このような積層ケイ素鋼板からなる固定子の軸芯に、冷却液用流路を形成するのは困難であった。従来の積層ケイ素鋼板を軸芯に用いたリニアモータでは、固定子の外周部分にのみ冷却液用流路を設けてこれを冷却していたため、冷却効率が低くなっていた。

【0005】第3には、ムービングマグネット型リニア

モータにおける固定子側のコイルと、可動子側の永久磁石との距離を如何に短くするかという課題である。すなわち、ムービングマグネット型リニアモータにおいては、可動子の永久磁石と、固定子のコイルとの間には間隙（エアギャップ）が設けられているが、この間隙は狭い方が、当該コイルの通電時に生じるローレンツ力（リニアモータの推力）が大きい。これは、永久磁石から生じる磁力線の方向と、コイル内で電流が流れる方向と、当該可動子の進行方向とが、互いに直交する方が、より大きなローレンツ力が得られるからである。又、可動子の永久磁石から筒状ヨーク内に向かう磁力線は、該筒状ヨークに近いほど、固定子の軸芯に対して垂直となっているからである。

【0006】しかしながら、従来のムービングマグネット型リニアモータにあっては、コイルに電流を流すための引出線がコイルの外周側に引き出されていたため、この引出線を這わせるためのスペースを外周部分に確保しなければならず、その分、永久磁石とコイルとの間隙が大きくなって、リニアモータの推力の低下につながっていた。

【0007】第4には、駆動時の固定子の温度上昇を如何に偏りなくするかという課題である。すなわち、固定子側に配置されたコイルには、その可動子の移動位置に合わせて、各コイルにつながる引出線に、選択的に電流が流される。この電流が流された引出線では、その温度が上昇する。ここで、何れのコイルに電流を流すかは、可動子の位置に応じて決定されるため、その移動位置によって、固定子の温度上昇が偏ると云う不具合があった。特に、リニアモータによって移動されたステージ位置を干涉計等で測定するに当たっては、温度上昇の偏りによって、揺らぎが生じる位置がまばらになり、正確なステージ位置の検出ができないという不具合がある。

【0008】第5には、ムービングマグネット型リニアモータにおいて、その不作動時に、可動子を如何に固定しておくかという課題である。すなわち、固定子内の永久磁石と固定子との間の吸引力はきわめて大きく、リニアモータのステージ装置への取り付け時や、リニアモータやステージ装置の運搬時に、可動子が固定子に吸着されてしまうことがある。このように両者が一旦密着すると、可動子と固定子とを引き離すのは困難であり、無理に引き離そうとするとリニアモータ全体に歪みが生じる虞もあった。

【0009】第6には、可動子の製造上の課題である。すなわち、ムービングマグネット型リニアモータの可動子は、強磁性体（例えば、低炭素鋼）の筒状のヨークの内部に磁力の強い永久磁石を、精度よく、多数配置しなければならない。しかし、この強磁性体の筒状ヨーク内部に、磁力の強い永久磁石をその内周に沿って精度よく設置するのは困難であった。

【0010】本発明は、ムービングマグネット型リニア

モータにおける上記事情に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、リニアモータが設置されるステージ装置全体として、発熱量を低くして、エネルギー損失の少ないリニアモータ及びこれを用いたステージ装置を提供することである。又、第2の目的は、リニアモータの固定子の内部に、簡易な手法で、冷却液用流路を形成することができるようにすることである。

【0011】又、第3の目的は、可動子の永久磁石と、固定子のコイルとの間の距離を短くして、リニアモータの高い推力を得ることである。又、第4の目的は、駆動時に固定子に発生する熱を分散して、局所的な温度上昇が生じないようにすることである。又、第5の目的は、ステージ装置への組み付け時や、ステージ装置、リニアモータの運搬時に、可動子を固定子に対して安定した状態で固定することができるようにすることである。

【0012】又、第6の目的は、強磁性体からなる筒状ヨークの内部に、磁力の強い永久磁石を、精度よく配置することができるようにすることである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記第1の課題を解決するために、この発明では、磁性体からなる筒状ヨークの内周面に沿うように環状の永久磁石が敷設されて可動子が構成され、芯部材にコイルが巻かれて固定子が構成されたリニアモータにおいて、前記筒状ヨークの厚さを、前記永久磁石によって飽和磁束密度となる所定の厚さより薄く形成したものである。好ましくは、筒状ヨークの厚さは、該筒状ヨークから磁束が漏れることによるステージの駆動力の低下と、該筒状ヨークを薄くしたことによるステージの軽量化とを比較し、同じ条件の下で当該ステージの駆動時の発熱量が最小となる値に決定される。

【0014】又、上記第2の課題を解決するために、この発明では、リニアモータを、芯部材及び該芯部材に巻かれたコイルを有する固定子と、略環状に形成された磁石を有し該磁石の内側に前記固定子が配置される可動子とで構成している。そして、前記芯部材を複数の棒状部材が互いに結合された柱状に形成し、前記棒状部材を、板状の強磁性体鋼板を積層して構成している。又、前記棒状部材は、各々断面が略扇形に形成されて該扇の要側を中心に結合されて柱状に形成された複数の前記棒状部材で形成され、複数の前記棒状部材における各々の扇の要側が切り欠かれることで前記芯部材の軸芯部分が中空となっている。これにより、固定子の芯部材に冷却液用流路を形成することができる。

【0015】又、上記第3、第4の課題を解決するために、この発明では、固定子の芯部材の外周に、該芯部材に巻き付けられたコイルからの一対の引出線を収容する溝が形成されている。又、1つのコイルから引き出された一対の引出線が互いに異なる方向に引き出されて、リニアモータの駆動時に生じる熱が分散される。又、1つ

のコイルから引き出された一対の引出線が同一方向に引き出され、これに隣接するコイルの引出線が逆方向に引き出されて、熱が分散されるようになっている。

【0016】又、上記第5の課題を解決するために、この発明では、固定子の芯部材が、強磁性体からなる第1の芯部と、非磁性体からなる第2の芯部からなり、第2の芯部によって当該固定子に、可動子の待機領域が構成されている。この待機領域を設けておくことで、運搬時等に、可動子を待機領域に移動させておくことで、可動子が固定子に誤って吸着されることがなくなる。

【0017】又、上記第6の課題を解決するために、この発明では、可動子が、軸方向にスリットが設けられた筒状ヨーク内に複数の前記環状の永久磁石が軸方向に整列して収容されて構成されている。スリットが設けられた筒状ヨークを押し広げて、その内部に複数の永久磁石を容易に収容することができる。又、筒状ヨークを、両端に締結部が形成された2つの極状部材にて構成し、その内部に複数の前記環状の永久磁石が軸方向に整列しその締結部を互いに結合して、可動子を構成してもよい。又、2つの極状部材の一方の締結部を互いに蝶番によって連結し、他方の連結部を互いに結合する構造としても、その内部に複数の前記環状の永久磁石を容易に収容することができる。又、固定子を、1の筒状ヨークと、その内面に収容された環状の永久磁石とからなるユニットを、複数接合して構成してもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】(第1の実施の形態)以下、本発明の第1の実施の形態について、図1から図12を参照して説明する。

【0019】第1の実施の形態のリニアモータ100は、図1に示すように、支持部101、101によってステージ装置(図1には現れていない。)側に固定された円柱状の固定子110と、可動ステージ109側に固定される円筒状の可動子120とによって構成されている。このリニアモータ100では、円筒状の可動子120の中心部分に、柱状の固定子110が所定の間隙Mを隔てて挿通されている(図2)。又、可動子120は、その外周がハウジング部108に覆われており、このハウジング部108に前記可動ステージ109が固定されている。

【0020】ここで、固定子110は、図2、図3に示すように、芯部材111とこれに巻き付けられた複数のコイル20、20…及びこれらを外側から覆うパイプ113とによって構成されている。そして、コイル20、20…とパイプ113との間に第1の冷却液用流路114が形成され、芯部材111の軸芯に第2の冷却液用流路115が形成されている。

【0021】芯部材111は、図3に示すように、断面が略扇形の棒状部材111A、111A…が、複数本(図示例では、8本)その要部分111C、…を内周側にし

て互いに結合されて、中空の円柱となっている。この芯部材111の外周には、コイル20、20…が巻き付けられている。ここで、固定子110の芯部材111は、積層ケイ素鋼板（強磁性体）にて構成されており（図3）、これによって、可動子120側の永久磁石121、121…からの磁束によって、芯部材111内に渦電流が発生し得る状態となっても、各層の界面で電流の流れが妨げられ、渦電流の流れが抑制される。

【0022】一方、リニアモータ100の可動子120は、図2、図3に示すように、環状の永久磁石121、121…が同軸に複数（図示例では、6個）配列され、その周囲が筒状ヨーク122で囲まれている。

$$K_m \div \frac{K_{m0}}{t_0} t$$

【数2】

$$K_m \div K_{m0}$$

ここで、式（1）はヨーク厚（t）が $0 \leq t < t_0$ の場合の、ヨーク厚（t）とモータ定数（ K_m ）との関係を近似的に表したものである。

【0025】又、式（2）はヨーク厚（t）が $t_0 \leq t$ の場合の、ヨーク厚（t）とモータ定数（ K_m ）との関係を近似的に表したものである。ここで（ t_0 ）は、筒状ヨーク122において、最大磁束密度が得られる（磁束の漏れが生じない）ヨーク厚の最小の値である。上記の式（1）、（2）より、モータ常数（ K_m ）は、筒状ヨーク122の厚さ（t）が一定の厚さ（ t_0 ）以上のときは、その値が一定値となることが分かる（図4（a））。

【0026】従って、永久磁石121、121…からの磁界がローレンツ力に寄与する度合いを考えるならば、永久磁石121、121…からの磁界を最大限有効に活用すべく筒状ヨーク122の厚さ（t）は、上記（ t_0 ）以上であることが望ましい。（図4（a）のグラフに示す例では筒状ヨーク122の厚さ（t）が最大磁束密度が得られる厚さ（ t_0 ）以上となったとき、略一定のモータ常数（ K_{m0} ）が得られる。）しかしながら、※

$$Q = \left[\frac{(M_s + M_m) \times A_s}{K_m} \right]^2 \times D_u \quad \dots \quad (3)$$

ここで、（ A_s ）はステージ加速度であり、 D_u はステージ装置において実際にリニアモータ100を使用する場合のデューティ比である。この第1の実施の形態では、筒状ヨーク122の厚さ（t）を薄くして磁界が漏れた場合のモータ常数（ K_m ）の低下分と、厚さ（t）を薄くしたことによる被駆動部の総重量（ $M_s + M_m$ ）の軽量化とを考慮して、リニアモータ100が設置されるステージ装置全体として、発熱量（Q）が最適となる★50

*【0023】このうち筒状ヨーク122は、低炭素鋼（例えば、SS400）によって構成されており、その径方向の厚さ（t）は、前記永久磁石121、121…によって、その内部に生じる磁束が、飽和磁束密度となる厚さより薄くなっている。このように、筒状ヨーク122の厚さ（t）を最大磁束密度が得られる（飽和磁束密度となる）厚さ（ t_0 ）より薄くするのは、以下の理由による。

【0024】すなわち、リニアモータ100のモータ常数（ K_m ）は、次式（1）、（2）によって求められる。

【数1】

$$\dots \quad (1)$$

$$\dots \quad (2)$$

※筒状ヨーク122の厚さ（t）が厚くなると、その分、可動子120自体の重量が増えて、リニアモータ100が駆動すべき被駆動部（ステージ質量 M_s とモータ質量 M_m ）の総重量（ $M_s + M_m$ ）が増加する。

【0027】図4（b）は、筒状ヨーク122の厚さ（t）を変化させたときの、被駆動部の総重量（ $M_s + M_m$ ）の変化を示すグラフである。筒状ヨーク122の厚さ（t）以外の条件が同一であれば、この図4（b）に示すように、筒状ヨーク122の厚さ（t）が厚くなるにつれ、被駆動部の総重量（ $M_s + M_m$ ）が増加する。

30 【0028】すなわち、単に、永久磁石121、121…からの磁界を最大限有効に活用して、リニアモータ100を駆動しても、これに伴って、被駆動部の総重量（ $M_s + M_m$ ）が増え、リニアモータ100を駆動して一定の仕事量をさせた場合、重量の増加によって発熱量（Q）が増える（図5）。この発熱量（Q）は、次式（3）によって求められる。

【数3】

★ように、筒状ヨーク122の厚さ（最適値 t_x ）を決定している。

【0029】尚、図5に示すように、一定の加速度（ A_s ）でステージを一定量移動させたときの発熱量（Q）と、筒状ヨーク122の厚さ（t）との関係から、厚さ（t）を、最大磁束密度が得られる厚さ（ t_0 ）より薄い厚さとしたときに（図5に示す t_x ）発熱量（Q）が最小値となることが分かる。次に、リニアモータ100

の固定子110の芯部材111の構造について、図6、図7を用いて説明する。尚、ここでは説明を簡単にするために、芯部材111が4つの棒状部材111A、111A…からなるものを例にあげて説明する。

【0030】芯部材111は、断面が扇形の棒状部材111A（図6）を、互いにその要部分111Cを中心に、複数本（図示例では4本）束ねて1本の柱状に形成したものである。尚、断面扇形の棒状部材111A、111A…は、図7に示すように、ケイ素鋼板が積層された、断面四角形の柱材118を断面が扇形の柱状に形成し、その要部分111Cより中心側を所定の曲率で切り欠いておくことで作製される。要部分111Cより中心側を切り欠くことで、芯部材111の軸芯に第2の冷却液用流路115が形成される。

【0031】ここで、第1の冷却用通路114をコイル20で発生した熱を固定子110の外部に伝えないようにする断熱用手段として用い、第2の冷却用通路115をコイル20に対する冷却用手段として用いることも可能である。この場合、第1の冷却用通路114には、媒体（冷媒）として、例えば、フッリナート（登録商標）を層流の状態で流せばよい。第2の冷却用通路115にも冷媒としてフッリナートを流せばよい。又、冷媒として水を用いることも可能である。

【0032】次に、芯部材111に巻き付けられる複数のコイル20、20…からの引出線21、22、21、22…の配設パターンについて説明する。第1の実施の形態のリニアモータ100においては、固定子110側にコイル20が設置されている。この場合、固定子110に設置されているコイル20全てに通電すると、可動子120の移動に寄与しない部分のコイル20に流された電流が無駄になり効率が悪い。又、コイル20の発熱量が増え、この発熱による空気のゆらぎが大きくなる。そこで、本実施の形態のリニアモータ100では、可動子120の移動に寄与する部分のコイル20のみに通電が行われるように、可動子120の移動位置に応じて通電するコイル20をスイッチ等により選択できるように構成されている。可動子120の移動に寄与する部分としては、例えば、可動子120の永久磁石121と対向する部分及びその前後数個分のコイル20を設定することができる。又、通電するコイル20の選択は、制御装置（図示省略）により、可動子120の目標位置及びコイル20と永久磁石121の空間的位置関係に基づいて制御することができる。そのため、各コイル20は、各々、電流の入力側端子（図示省略）に接続される引出線21と、GND側端子に接続される引出線22が接続されている。

【0033】この第1の実施の形態では、引出線21、22、21、22、…は、コイル20、20…の内側と芯部材111との間に配設されている（図3、図8）。1つのコイル20から引き出される一対の引出線21、

22は、図8に示すように、互いに異なる方向に引き出されている。これにより、複数のコイル20、20…の何れが通電されても、通電により引出線21、22から生じる熱が固定子110内で偏ることがなくなる。この結果、発熱による揺らぎが、一カ所に集中的に生じることがなくなり、熱が、干渉計等によるステージ位置の検出結果に与える影響を小さくすることができる。

【0034】尚、図9に示すように、1つのコイル20から引き出された一対の引出線21、22を同一方向（図中、左方向）に引き出し、これに隣接するコイル20からの引出線21、22を、逆方向（図中、右方向）に引き出すことによっても、通電時に引出線21、22から生じる熱を固定子110上で分散させることができる。尚、図10（a）（b）に示すように、コイル20からの引出線21、22を、コイル20の外周側に配設した場合でも、1つのコイル20からの引出線21、22を互いに逆方向に引き出したり、互いに隣接するコイル20、20からの引出線21、22をコイル20毎に互いに逆方向に引き出すことで、上記と同様に、通電時に引出線21、22から生じる熱を固定子110内で偏らせないようにすることができる。

【0035】次に、リニアモータ100の可動子120について説明する。可動子120は、環状の永久磁石121、121…が、筒状ヨーク122内に同軸に複数（図示例では6個）配置されたものである（図2、図11）。

【0036】複数の永久磁石121、121…は、図2に示すような極性で、筒状ヨーク122内に配置され、このとき永久磁石121、121…は互いに反発し合う。又、筒状ヨーク122は、強磁性体（低炭素鋼）からなり、筒状ヨーク122内部に収容するとき、各永久磁石121、121…は、筒状ヨーク122の側面に吸着する。このため、多数の永久磁石121、121…を、筒状ヨーク122内部に隙間なく同軸に、かつ精度よく並べるのは困難である。

【0037】そこで、この第1の実施の形態では、図12に示すように、筒状ヨーク122に、軸方向にスリット122Sを設けて、筒状ヨーク122内部に永久磁石121、121…を収容しやすくしている。すなわち、筒状ヨーク122を筒状ヨーク122内部に収容するに当たっては、まず、筒状ヨーク122のスリット122Sを図12の矢印で示す方向に押し広げる。そして、この状態で、永久磁石121、121…を筒状ヨーク122の内部に収容する。これにより、強い磁界を発生する永久磁石121、121…を、強磁性体からなる筒状ヨーク122内部に容易に配置することができる。

【0038】（第2の実施の形態）次に、固定子210の芯部材211の形状が、上記した第1の実施の形態の芯部材111と異なる第2の実施の形態について、図13～図16を用いて説明する。すなわち、この第2の実

11

施の形態のリニアモータ200では、図13に示すように、芯部材211の内部に形成された第2の冷却液用流路215の断面が多角形(図示例では八角形)が、第1の実施の形態の第2の冷却液用流路115(断面形状が円形)と異なっている。尚、固定子210、可動子220の構成は、上記した第1の実施の形態のリニアモータ100と同じであり、その詳細な説明は省略する。

【0039】このように第2の冷却液用流路215の断面形状を多角形とすることによって、その製造が容易になる。以下、図14~図16を用いて具体的に説明する。尚、ここでもその説明を簡単にするために、芯部材211が4つの棒状部材211A、…からなるものを例にあげて説明する。

【0040】第2の実施の形態の芯部材211は、積層ケイ素鋼板からなる棒状部材211A(図14、図15)を、互いにその要部分211Cを中心に寄せ集めて1本の柱状に形成したものである。ここで、各棒状部材211A、211A…は、図15、図16に示すように、積層ケイ素鋼板からなる断面四角形の柱材218の両側面を斜めに切り取り、上面を所定の曲率で切り取って作製されたものである。すなわち、この棒状部材211A、211A…では、要部分211Cが直線であり、柱材218の底面(図15の下面)をそのまま利用でき、作製が容易になる。

【0041】ここで、固定子220の芯部材(241、251、261)に第2の冷却液用流路(245、255、265)を形成する場合の第1~第3の変形例について、図17~図19を用いて説明する。尚、これら変形例に係る芯部材241、251、261が用いられたリニアモータは、芯部材以外の構造が、上記した第1、第2の実施の形態と同一であり、その詳細な説明は省略する。

【0042】第1の変形例に係る芯部材241は、図17に示すように、その中心部分に第2の冷却液用流路245が形成され、これを囲むように、強磁性体の板状部材242、242…が放射状に配置されている。これら板状部材242、242…の間には、樹脂243が充填されている。又、第2の変形例に係る芯部材251は、図18に示すように、その中心部分に第2の冷却液用流路255が形成され、その周囲に強磁性体の細棒部材252、252…が結束されており、細棒部材252、252…間に樹脂253が充填されている。

【0043】又、第3の変形例に係る芯部材261は、図19に示すように、その中心部分に第2の冷却液用流路265が形成され、これを囲むように、強磁性体の板状部材262、262…が放射状に配置されている。そして、これら板状部材262、262…の間に、強磁性体の細棒部材266、266…が配置され、これら板状部材262、262…、細棒部材266、266…の間に樹脂263が充填されている。

12

【0044】尚、固定子220の芯部材(271)に、冷却液用流路を形成しないのであれば、図20に示すように芯部材271を、断面扇形の棒状部材271A、271A…で構成し、その要部分271C、…で互いに結合させればよい。

(第3の実施の形態)次に、本発明の第3の実施の形態について、図21を用いて説明する。

【0045】この第3の実施の形態では、リニアモータの芯部材311の外周に、コイル20、20…からの引出線21、22、…を配設するための溝318、318…が形成されている点が、上記した第1、第2の実施の形態と異なる。尚、この芯部材311を用いたリニアモータの他の構成は、第1の実施の形態と同一であり、その詳細な説明は省略する。

【0046】具体的には、溝318、318…は、図21に示すように、その外周部に均等に形成されており、その本数は、芯部材311に巻き付けられるコイル20、20…の数に対応する(ここでは、コイルの数の2倍)。又、溝318、318…は、芯部材311の軸を中心に、互いに対称となるように形成されている。ここで、1つのコイル20から引き出された一対の引出線21、22は、第1の実施の形態(図8)と同様に、互いに異なる方向に配設されている。

【0047】又、図9に示したように、1つのコイル20から引き出された一対の引出線21、22を同一方向に配設してもよく、この場合には、これに隣接するコイル20からの一対の引出線21、22は、逆方向に配設される。

【0048】このように芯部材311に、コイル20からの引出線21、22を配設するための溝318、318…を形成しておくことによって、コイル20と、可動子側の永久磁石(図21には現れていない。)との距離を短くすることができる。コイル20と永久磁石との距離が短くなると、永久磁石から生じる磁力線の方向と、コイル20内での電流の方向を、共に、可動子の進行方向に対して垂直とすることができ、大きなローレンツ力(推力)が得られる。

【0049】(第4の実施の形態)次に、本発明の第4の実施の形態について、図22を用いて説明する。この第4の実施の形態のリニアモータ400は、固定子410の所定の位置に、可動子420の待機領域450が設けられている点が、上記した第1の実施の形態と異なる。尚、固定子410の芯部材411以外の構成は、上記した第1の実施の形態のリニアモータ100と同一であり、その詳細な説明は省略する。

【0050】この第4の実施の形態のリニアモータ400では、可動ステージ109(図1)を駆動する範囲(図22中、Aで示す。)に対応して固定子410に駆動領域440が設けられている。この駆動領域440においては、一定以上の推進力を確保するために、芯部材4

10

20

30

40

50

11が積層ケイ素鋼板(強磁性体)にて構成されている(第1の芯部411A)。

【0051】そして、前記可動ステージ109を駆動する範囲から外れた範囲(図22中、Bで示す。)に、可動子420(永久磁石421)との間で吸引力を生じさせない待機領域450が設けられている。この固定子410の待機領域450では、芯部材411が、非磁性体(例えば、樹脂)にて構成されている(第2の芯部411B)。

【0052】このリニアモータ400では、これが取り付けられたステージ装置を運搬する時や、リニアモータ400をステージ装置に取り付ける時等に、可動子420を待機領域450に待機させて、可動子420と固定子410との間(間隙M)にストッパD(例えば、スポンジ等)を挿着することで、これを固定することができる。この場合、可動子420は、運搬時等に、誤って固定子410に吸着することがなくなる。

【0053】尚、待機領域450においても、コイル20、20…が芯部材411に巻き付けられているが、これは、この部分のコイル20にも通電して駆動領域440と待機領域450との間の可動子420の移動を自動的に行うためのものである。(芯部材411が非磁性体なので所定の性能は発揮できないが、可動子420の駆動は可能である。)

(第5の実施の形態)次に、本発明の第5の実施の形態について、図23、図24を用いて説明する。

【0054】この第5の実施の形態では、筒状ヨーク512が、2つの極状のヨーク部材521、522にて構成されている点が、上記した第1の実施の形態の可動子120の筒状ヨーク122と異なる。尚、この筒状ヨーク512が用いられるリニアモータの他の構成は、上記した第1の実施の形態のリニアモータ100と同一であり、その詳細な説明は省略する。

【0055】図23に示す筒状ヨーク512は、円筒を軸方向に2分割したような2つの極状のヨーク部材521、522によって構成される。2つのヨーク部材521、522には、各々、両端に連結部521A、521Bが形成されており、複数の永久磁石121、121…を間に挟んだ状態で互いの連結部をビス等で結合することで、これら永久磁石121、121…を固定している。

【0056】又、2つの極状のヨーク部材521、522を連結するに当たっては、これらヨーク部材521、522を、図24に示すように、各々の一方の端部で、蝶番535によって、連結しておき、永久磁石121、121…を配置した後、他方の端部に形成された連結部521A、522Aを、ビス等によって互いに結合すれば、複数の永久磁石121、121…を容易に、筒状ヨーク512内に整列させることができる。

【0057】尚、極状のヨーク部材521、522を結

合するに当たっては、ビス等を用いずに接着剤等の結合手段を用いてもよい。

(第6の実施の形態)次に、本発明の第6の実施の形態について、図25、図26を用いて説明する。この第6の実施の形態は、その可動子620の構造が、上記した第1の実施の形態の可動子120と異なる。

【0058】すなわち、第6の実施の形態では、可動子620は、図25に示すように、1つの環状永久磁石121と、これと同じ幅の筒状ヨーク622とによって、ユニット650が構成されている。そして、このユニット650が、同軸に複数結合されて、可動子620が構成されている。この場合、各ユニット650の筒状ヨーク622には、その側壁(接合部分)622A、622Bに、位置決め用凹部622C、622C、…が形成されている。

【0059】2つのユニット650、650が互いに接続されるとき、図26に示すように、一方のユニット650の凹部622Cと、他方のユニット650の凹部622Cに、位置決め用のピン625が挿着されて、互いの中心軸が一致するようにその位置決めが行われる。

尚、この第6の実施の形態では、筒状ヨーク622の2つの側壁622A、622Bに凹部622C、622Cが形成されているが、一方に凹部、他方に凸部を形成して、これらを互いに接続するようにしてもよい。この場合には、位置決め用ピン625は不要となる。

【0060】又、ここでは、1つのユニット650に、1つの環状永久磁石121を配置する例をあげて説明したが、1つの筒状ヨーク622内部に2又はそれ以上の永久磁石121、…を収容して、1つのユニット650を構成してもよい。

(第7の実施の形態)次に、本発明の第7の実施の形態について、図27を用いて説明する。

【0061】この第7の実施の形態は、半導体の製造に用いられるステージ装置700に、上記した第1〜第6の実施の形態によって得られるリニアモータ(100等)を用いたものである。以下では、第1の実施の形態のリニアモータ100(図1)をステージ装置700に組み込んだ場合を例にあげて説明する。第1の実施の形態のリニアモータ100は、その芯部材111に巻き付けられた多数のコイル20、20、…が互いの間隔をあけることなく、軸方向に高密度に配置されるので、固定子(電機子)110内でのコイル20、20…の占積率が高く、全体として推進力が高い。

【0062】この実施の形態では、リニアモータ100は、ステージ装置700のXステージ(可動ステージ)700Xの駆動に用いられている。ここで、固定子110のパイプ113とコイル20、20…との間の第1の冷却液用流路114、芯部材111内部の第2の冷却液用流路115に温度調節用の流体を流すことで固定子110から生じる熱が吸収される。

【0063】尚、Yステージ700Yの駆動に用いられる2つのリニアモータ720の構成は、リニアモータ100と同一であり、その詳細な説明は省略する。これらリニアモータ100、720が駆動手段として用いられるステージ装置700は、その用途は限定されないが、この実施の形態では、ウェハ（基板）9上にマスク（図示省略）に形成されたパターンを転写する露光装置における、ウェハ9の移動手段として用いられる。

【0064】すなわち、ステージ装置700は、X軸及びY軸の2軸のX-Yステージ装置であり、ベース部702上をX方向（図中矢印Xで示す方向）に駆動されるXステージ700X、Y方向（矢印Yで示す方向）に駆動されるYステージ700Y、及び試料台（可動体）704を、主たる構成要素としている。

【0065】ここで試料台704は、前記Yステージ700Y上に配置され、この試料台704にウェハホルダ（図示省略）を介してウェハ（基板）9が搭載される。このウェハ9の上方には、図示省略の照射部が配置されており、照射部からマスク（共に図示省略）を介して照射された露光光によって、前記ウェハ9上に予め塗布されたレジスト（図示省略）に、マスク上の回路パターンが転写されるようになっている。

【0066】ステージ装置700におけるXステージ700X及びYステージ700Yの移動量は、各々、試料台704のX方向の端部、Y方向の端部に固定された移動鏡705X、705Yと、これに対向するように、ベース部702に各々固定されたレーザ干渉計706X、706Yとによって計測される。そして、主制御装置（図示省略）が、この計測結果を基に、試料台704をベース部702上の所望の位置に移動制御するようになっている。

【0067】このステージ装置700のXステージ700X、Yステージ700Yは、共に、多数のコイル20、20…が軸方向に配置された固定子110を用いたリニアモータ100、100、720、720によって、各々、ベース部702上をX方向、Y方向に駆動される。ここで、2つのリニアモータ100、100の固定子110、110は、共にベース702上に取付部101、101（図1）にて固定され、可動子120、120は、各々、固定板707、707を介してXステージ700Xに固定されている。

【0068】又、リニアモータ720、720の、各々の固定子721、721は共にXステージ700Xに固定され、可動子722、722（一方のみ図示）はYステージ700Yに固定されている。

【0069】各固定子110、110、721、721内の流路に流される温度調整用の流体によって冷却されるが、この流体は、温度調節機731にて温度調節される。尚、固定子110、110、721、721と温度調節機731とは、吐出配管732、配管733等によ

って接続されている。又、ステージ装置700には、エアガイド740と静圧気体軸受け（図示省略）とが設けられて、エア吹き出し口741、エア吸引口742によって静圧空気軸受式のステージが構成されている。

【0070】（第8の実施の形態）次に、本発明の第8の実施の形態について、図28～図29を用いて説明する。この第8の実施の形態は、上記した第1～第6の実施の形態によって得られたリニアモータ（100～600）を露光装置800のレチクル（マスク）ステージ850（図29）の駆動手段として用いたものである。ここでも、第1の実施の形態のリニアモータ100（図1）をレチクルステージ850に組み込んだ場合を例にあげて説明する。

【0071】ここで露光装置800は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の走査型露光装置である。この露光装置800は、照明系810と、レチクル（フォトマスク）Rを保持するステージ可動部851と、投影光学系PLと、ウェハ（基板）WをX-Y平面内でX方向-Y方向の2次元方向に駆動するステージ装置900と、これらを制御する主制御装置820等を備えている。

【0072】前記照明系810は、光源ユニットから照射された露光光を、レチクルR上の矩形（あるいは円弧状）の照明領域IARに均一な照度で照射するものである。又、レチクルステージ850では、ステージ可動部851がレチクルベース上を所定の走査速度で、ガイドレール853に沿って、移動されるようになっており、図28に示すように、ステージ可動部851の上面にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定される。又、ステージ可動部851のレチクルRの下方には、露光光通過穴852が形成されている。

【0073】このステージ可動部851の移動位置は、反射鏡815、レチクルレーザ干渉計816によって検出され、ステージ制御系819は、この検出されたステージ可動部851の移動位置に基づく主制御装置820からの指示に応じて、ステージ可動部851を駆動する。又、投影光学系PLは縮小光学系であり、図28に示すように、レチクルステージ850の下方に配置され、その光軸AX（照明光学系の光軸IXに一致）の方向がZ軸方向とされる。ここではテレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。従って、上記照明系810によりレチクルRの照明領域IARが照明されると、レチクルRの照明領域IAR内の回路パターンの縮小像（部分倒立像）が、ウェハW上の照明領域IARに共役な露光領域IAに形成される。

【0074】尚、ステージ装置900は、コイルを電機子として用いた平面モータ970を駆動手段として、テーブル918をX-Y平面内で2次元方向に駆動するもの

10

20

30

40

50

である。すなわち、ステージ装置900は、ベース部921と、このベース部921の上面の上方に数 μ m程度のクリアランスを介して浮上されるテーブル918と、このテーブル918を移動させる平面モータ970とを具えている。ここでテーブル918には、露光処理時、その上面にウェハ（基板）Wが、例えば真空吸着によって固定される。

【0075】又、テーブル918には移動鏡927が固定され、ウェハ干渉計931からレーザビームが照射されて、当該テーブル918のX-Y面内での移動位置が検出されるようになっている。このとき得られた移動位置の情報は、ステージ制御系819を介して主制御装置820に送られる。そして、ステージ制御系819は、この情報に基づく主制御装置820からの指示に従って、平面モータ970を作動させ、テーブル918をX-Y面内の所望の位置に移動させる。

【0076】テーブル918は、平面モータ970を構成する可動子（図示省略）の上面に、支持機構（図示省略）によって異なる3点で支持されており、平面モータ970によって、X方向、Y方向に駆動するのみならずX-Y面に対して傾斜させたり、Z軸方向（上方）に駆動させることができるようになっている。尚、平面モータ970は、公知の構成であり、平面モータ970のその他の説明は省略する。

【0077】尚、図中、符号921はベース部であり、その内部から生じる熱による温度上昇を防ぐための流体が、供給管892、排出管893、温度調節装置879の作用によって、循環されるようになっている。斯かる構成のレチクルステージ850を含む露光装置800においては、概ね、以下の手順で露光処理が行われる。

【0078】先ず、レチクルR、ウェハWがロードされ、次いで、レチクルアラインメント、ベースライン計測、アラインメント計測等が実行される。アラインメント計測の終了後には、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われる。露光動作にあたっては、レチクル干渉計816によるレチクルRの位置情報、ウェハ干渉計931によるウェハWの位置情報に基づき、主制御装置820がステージ制御系819に指令を出し、レチクルステージ850のリニアモータ100、100及び平面モータ970によって、レチクルRとウェハWとが同期して移動し、もって、所望の走査露光が行われる。

【0079】このようにして、1つのショット領域に対するレチクルパターンの転写が終了すると、テーブル918が1ショット領域分だけステップングされて、次のショット領域に対する走査露光が行われる。このステップングと走査露光とが順次繰り返され、ウェハ9上に必要なショット数のパターンが転写される。

【0080】ここで、上記のレチクルステージ850においては、リニアモータ100、100の固定子110、110を構成する各コイル20、20…に、3相の

電流が適宜供給され、その移動量が制御される。この露光装置800のレチクルステージ850は、推進力が大きく、余分に電力を消費することもない。尚、本発明の第5の実施の形態、第6の実施の形態のステージ装置700、又は露光装置800を用いた半導体デバイスの製造は、概ね、図30、図30に示す手順で行われる。

【0081】すなわち、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウェハを製作するステップ、前述した実施の形態の露光装置によりレチクルのパターンをウェハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0082】以下、デバイス製造方法について、更に詳細に説明する。図30には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図30に示されるように、まず、ステップ1001（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ1002（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ1003（ウェハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0083】次に、ステップ1004（ウェハ処理ステップ）において、ステップ1001～ステップ1003で用意したマスク（レチクル）とウェハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウェハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ1005（デバイス組立ステップ）において、ステップ1004で処理されたウェハを用いてデバイス組立を行う。このステップ1005には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0084】最後に、ステップ1006（検査ステップ）において、ステップ1005で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。図31には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ1004の詳細なフロー例が示されている。図31において、ステップ1011（酸化ステップ）においてはウェハの表面を酸化させる。ステップ1012（CVDステップ）においてはウェハ表面に酸化絶縁膜を形成する。ステップ1013（電極形成ステップ）においてはウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ1014（イオン打込みステップ）においてはウェハにイオンを打ち込む。

【0085】以上のステップ1011～ステップ1014それぞれは、ウェハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。ウェハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ1015（レジスト形成ステップ）において、ウェハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ1016（露光ステップ）において、上で説明した露光装置を用いてマスクの回路パターンをウェハに転写する。次に、ステップ1017（現像ステップ）においては露光されたウェハを現像し、ステップ1018（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ1019（レジスト除去ステップ）においてエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0086】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返すことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。尚、本発明のコイルを用いたリニアモータは、実施の形態で示した露光装置以外の、マスクと基板とを同期移動してマスクのパターンを露光する走査型の露光装置（例えば、米国特許第5,473,410号）の駆動手段としても適用することができる。

【0087】又、本発明のコイルを用いたリニアモータが適用された装置は、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを露光し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピータ型の露光装置にも適用することができる。又、本発明のコイルを用いたリニアモータが適用された装置は、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置にも適用することができる。

【0088】又、本発明のコイルを用いたリニアモータが適用された露光装置は、半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも、本発明は広く適用できる。又、第6の実施の形態の露光装置の光源は、g線（436nm）、i線（365nm）、KrFエキシマレーザ（248nm）、ArFエキシマレーザ（193nm）、F2レーザ（157nm）のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサホライド（LaB6）、タングステン（Ta）を用いることができる。さらに、電子線を用いる場合は、マスクを用いる構成としてもよいし、マスクを用いずに直接基板上にパターンを形成する構成としてもよい。

【0089】この場合には、投影光学系として、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英

や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F2レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

【0090】又、本発明のコイルを用いたリニアモータが駆動手段として適用される露光装置の投影光学系の倍率は、縮小系のみならず等倍および拡大系であってもよい。又、ウェハステージやレチクルステージに、本発明のリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンس力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。

【0091】又、本発明のコイルが用いられたリニアモータが適用されるステージとしては、ガイドに沿って移動するタイプに限らず、ガイドを必要としないガイドレスタイプであってもよい。尚、ウェハステージの移動により発生する反力に関しては、特開平8-166475号公報にて提案されている発明を利用して、フレーム部材を用いて、機械的に床側（大地）に逃がすようにしてもよい。

【0092】又、レチクルステージの移動により発生する反力に関しては、特開平8-330224号公報にて提案されている発明を利用して、フレーム部材を用いて、機械的に床側（大地）に逃がすようにしてもよい。以上に説明した本発明のコイルを用いたリニアモータが適用される露光装置は、特許請求の範囲に挙げた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学精度を保つように、組み立てることで製造される。

【0093】これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。又、各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。

【0094】この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。又、各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、環状の永久磁石を収容する筒状ヨークの厚さを、前記永久磁石によって飽和磁束密度となる所定の厚さより

10

20

30

40

50

21

薄く、好ましくは、該筒状ヨークから磁束が漏れることによるステージの駆動力の低下と、該筒状ヨークの軽量化によるステージの軽量化とを比較して、当該ステージの駆動時の発熱量が最小となる値に決定しているため、リニアモータが設置されるステージ装置全体としての発熱量が小さくなり、エネルギー損失の少ないリニアモータが提供される。

【0096】又、この発明によれば、リニアモータが、芯部材及び該芯部材に巻かれたコイルを有する固定子と、略環状に形成された磁石を有し該磁石の内側に前記固定子が配置される可動子とで構成されている。そして、前記芯部材を複数の棒状部材が互いに結合された柱状に形成され、前記棒状部材が、板状の強磁性体鋼板を積層して構成されている。又、前記棒状部材が、各々断面が略扇形に形成されて該扇の要側を中心に結合されて柱状に形成された複数の前記棒状部材で形成され、複数の前記棒状部材における各々の扇の要側が切り欠かれているので、前記芯部材の軸芯部分が中空となる。これにより固定子の芯部材に冷却液用流路を容易に形成することができる。

【0097】又、この発明によれば、固定子の芯部材の外周に、該芯部材に巻き付けられたコイルからの一対の引出線を収容する溝を形成しているため、可動子の永久磁石と、固定子のコイルとの間の距離が短くなり、高い推力を得ることができる。

【0098】又、この発明によれば、対をなす溝に、1つのコイルから引き出された一対の引出線を互いに異なる方向に敷設したり、或いは、1つのコイルから引き出された一対の引出線を同一方向に敷設しこれに隣接するコイルの引出線を逆方向に敷設しているため、リニアモータの駆動時に生じる熱が分散され、干渉計等によって、ステージ部の位置を検出するときに、熱が生じる箇所の偏りによって生じていた検出誤差が小さくなる。

【0099】又、この発明によれば、固定子の芯部材に、強磁性体からなる駆動領域と、非磁性体からなる待機領域とを設けているため、運搬時、取付時に、可動子を待機領域に移動させて固定することで、可動子が固定子に誤って吸着されることがなくなり、運搬作業等が容易になる。又、この発明によれば、筒状ヨークに設けられたスリットにて、筒状ヨークを押し広げて、その内部に複数の永久磁石を容易に収容することができるので、製造しやすい可動子を実現される。又、筒状ヨークを、両端に締結部が形成された2つの極状部材にて構成しているため、その内部に複数の前記環状の永久磁石を収容しやすくなる。又、固定子を、1の筒状ヨークと、その内面に収容された環状の永久磁石とからなるユニットを、複数接合することでも、その製造を容易にしている。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態のリニアモータ100の全体

22

構成を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態のリニアモータ100の横断面を示す図である。

【図3】図2のIII-III線に沿った縦断面図である。

【図4】筒状ヨーク122の厚さ(t)と、モータ常数、被駆動部の重量との関係を各々示すグラフである。

【図5】筒状ヨーク122の厚さ(t)と、発熱量(Q)との関係を各々示すグラフである。

【図6】芯部材111の断面構造を示す図である。

【図7】積層ケイ素鋼板の柱材118から断面扇形の棒状部材111Aを加工する様子を示す図である。

【図8】固定子110のコイル20の引出線21, 22を互いに異なる方向に引き出した状態を示す図である。

【図9】固定子110のコイル20の引出線21, 22を同じ方向に引き出した状態を示す図である。

【図10】コイル20の引出線21, 22をその外周側に引き出した状態を示す図である。

【図11】可動子120の断面図である。

【図12】可動子120を組み立てる様子を示す斜視図である。

【図13】第2の実施の形態のリニアモータ200の縦断面を示す図である。

【図14】芯部材211の縦断面を示す図である。

【図15】芯部材211を構成する棒状部材211Aの斜視図である。

【図16】積層ケイ素鋼板の柱材218から断面扇形の棒状部材211Aを加工する様子を示す図である。

【図17】芯部材241の縦断面を示す図である。

【図18】芯部材251の縦断面を示す図である。

【図19】芯部材261の縦断面を示す図である。

【図20】芯部材271の縦断面を示す図である。

【図21】第3の実施の形態の芯部材311とコイル20の引出線21, 22を示す斜視図である。

【図22】第4の実施の形態のリニアモータ400の横断面を示す図である。

【図23】第5の実施の形態の可動子520を組み立てる様子を示す斜視図である。

【図24】第5の実施の形態の可動子520を組み立てる様子を示す斜視図である。

【図25】第6の実施の形態の可動子620を組み立てる様子を示す斜視図である。

【図26】可動子620の一部拡大断面図である。

【図27】リニアモータ100が適用されたステージ装置700を示す斜視図である。

【図28】レチクルステージ850にリニアモータ100が用いられた露光装置800の全体構成を示す図である。

【図29】レチクルステージ850を示す斜視図である。

【図30】本発明にかかる露光装置を用いた半導体デバ

23

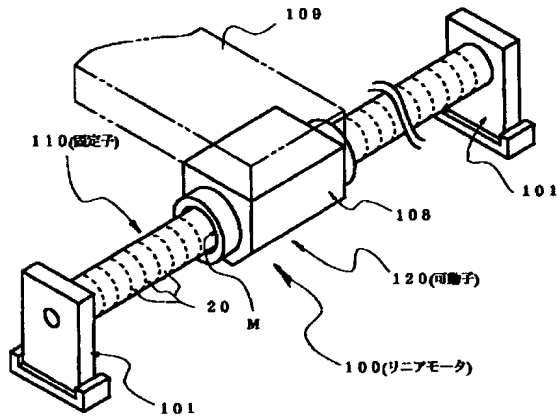
イスの製造プロセスを示す図である。

【図31】本発明にかかる露光装置を用いた半導体デバイスのより具体的な製造プロセスを示す図である。

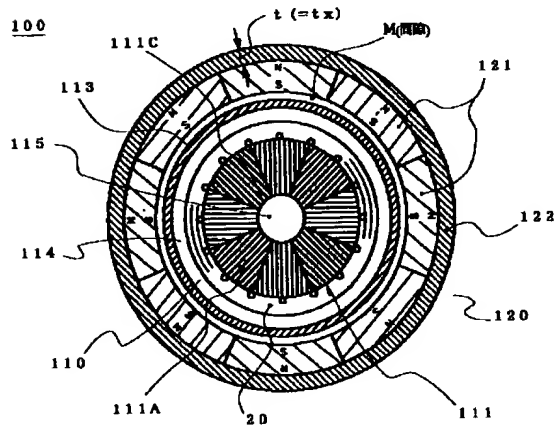
【符号の説明】

- 20 コイル *coil*
 21, 22 引出線 *wire*
 100, 200, 400 リニアモータ *L-motor*
 110 固定子 *stator*
 111, 211, 241, 251, 261, 271, 311, 411 芯部材 *core*
 111A, 211A 棒状部材 *rod-like member*
 120 可動子 *moving member*

【図1】



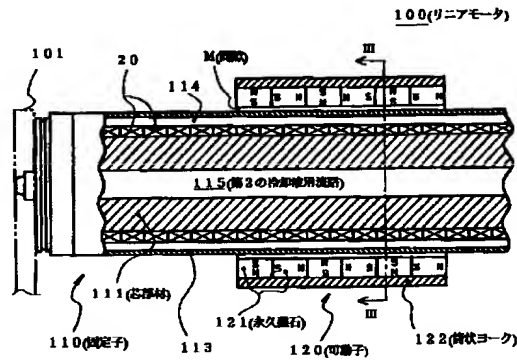
【図3】



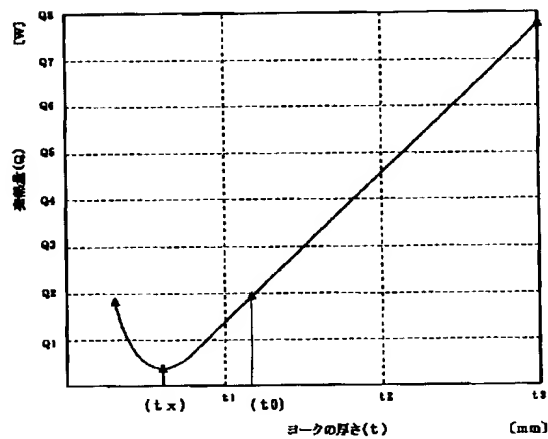
24

- 121 永久磁石 *PM*
 115 第2の冷却液用流路 *2nd cooling liquid flow path*
 120, 220, 420, 520, 620 可動子 *movable member*
 122, 521, 622 筒状ヨーク *cylindrical yoke*
 318 溝 *groove*
 411A 第1の芯部 *1st core*
 411B 第2の芯部 *2nd core*
 450 待機領域 *standby region*
 700 ステージ装置 *stage device*
 800 露光装置 *exposure device*
 850 レチクルステージ *reticle stage*

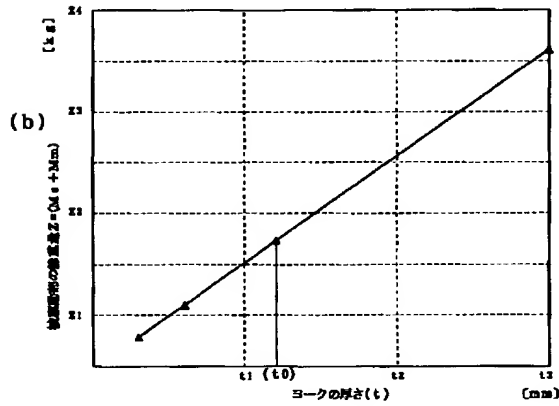
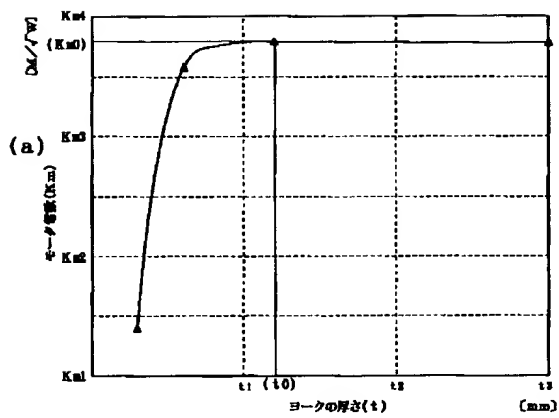
【図2】



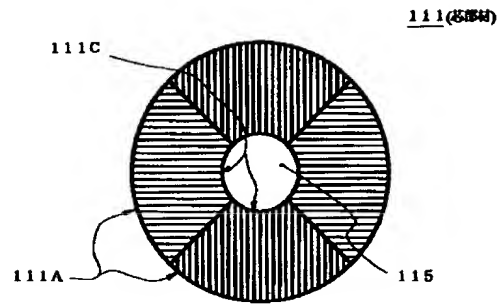
【図5】



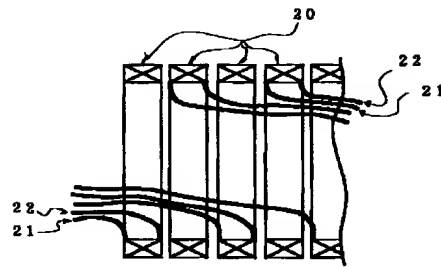
【図4】



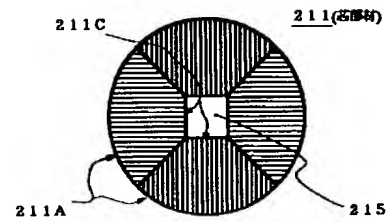
【図6】



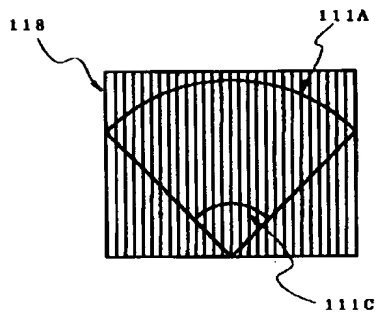
【図9】



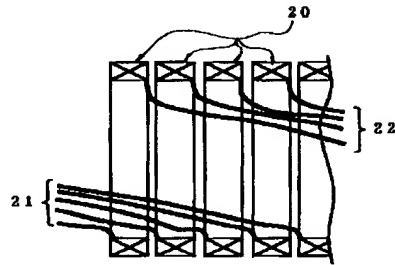
【図14】



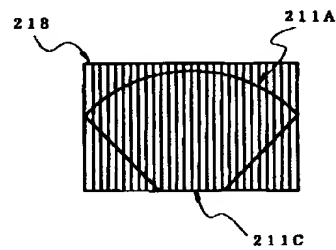
【図7】



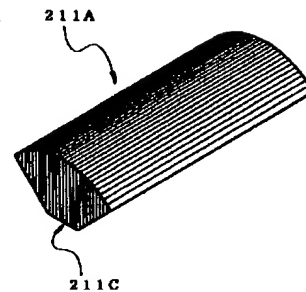
【図8】



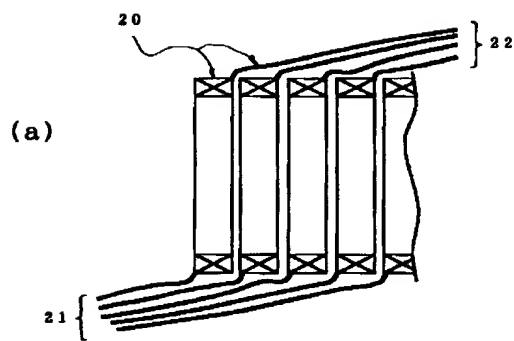
【図15】



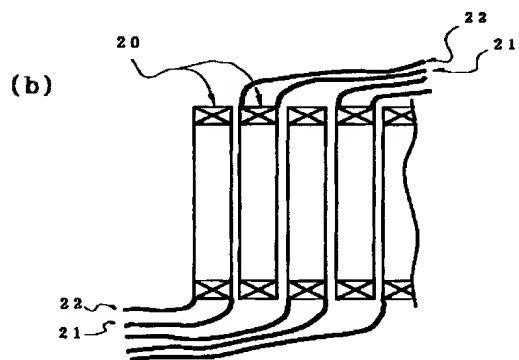
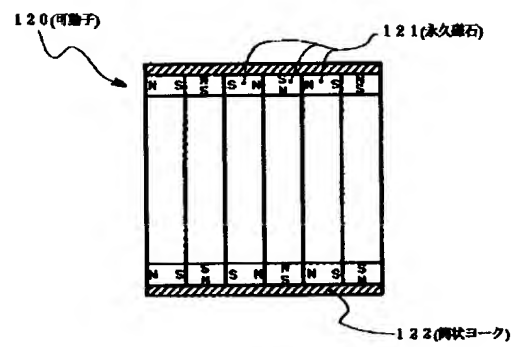
【図16】



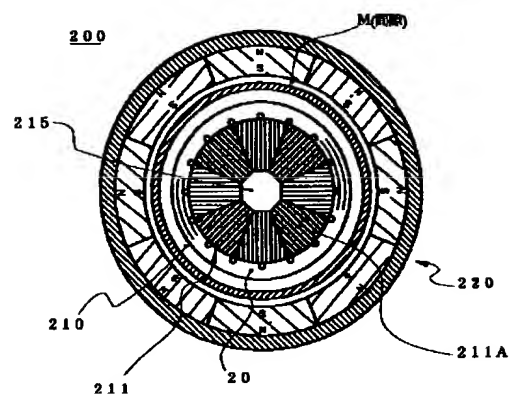
【図10】



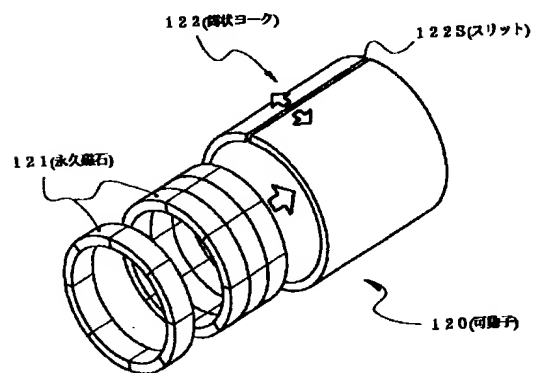
【図11】



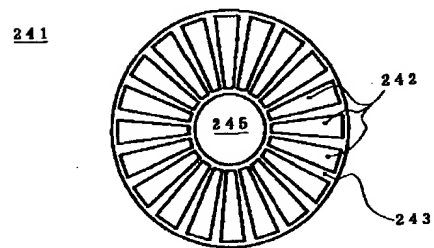
【図13】



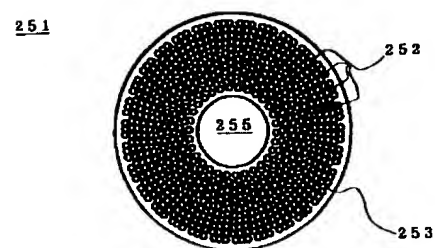
【図12】



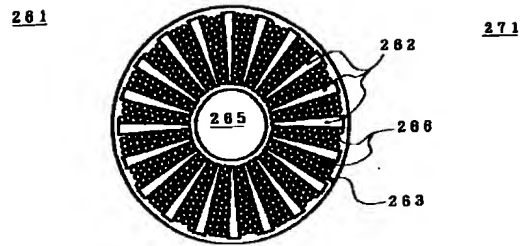
【図17】



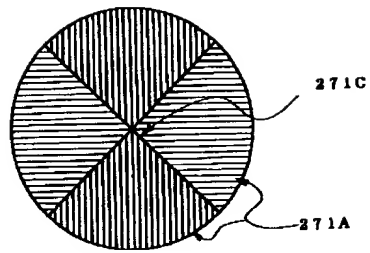
【図18】



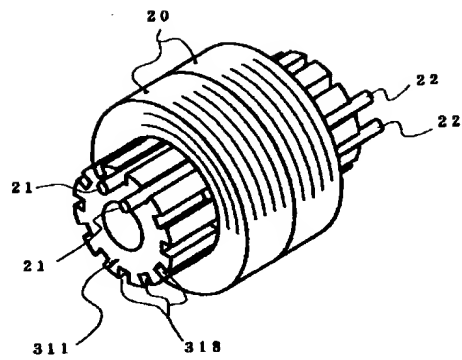
【図19】



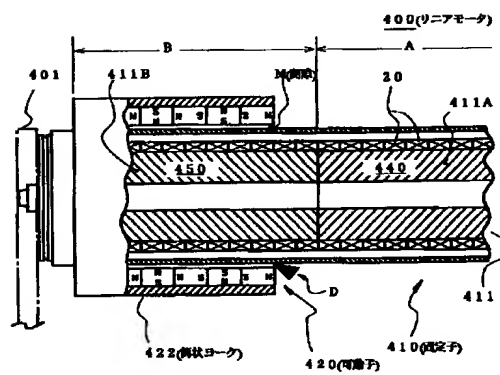
【図20】



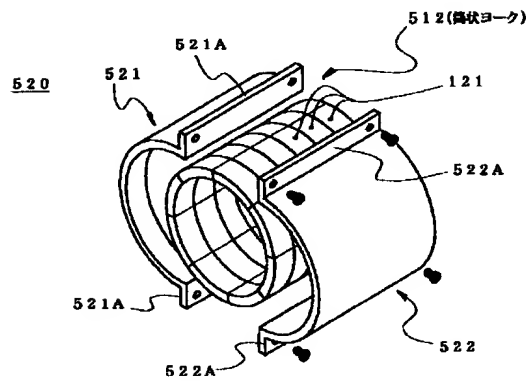
【図21】



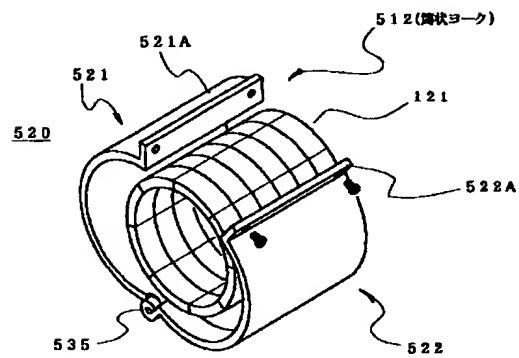
【図22】



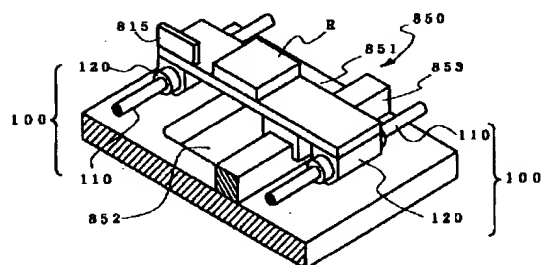
【図23】



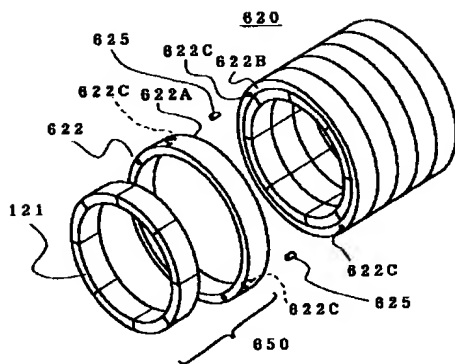
【図24】



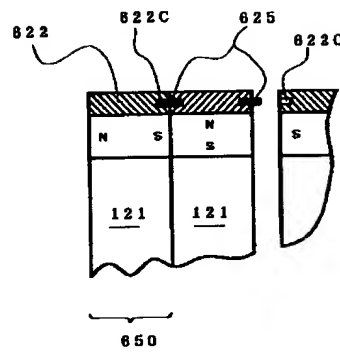
【図29】



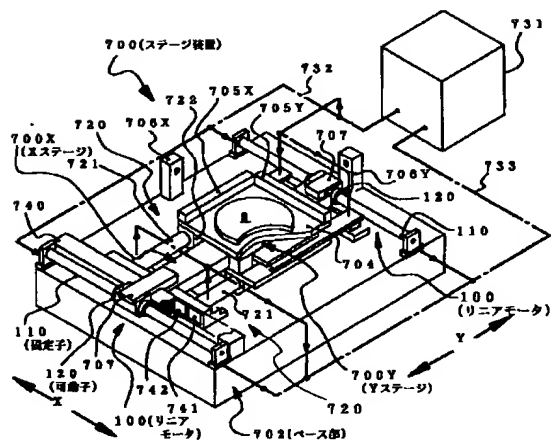
【図25】



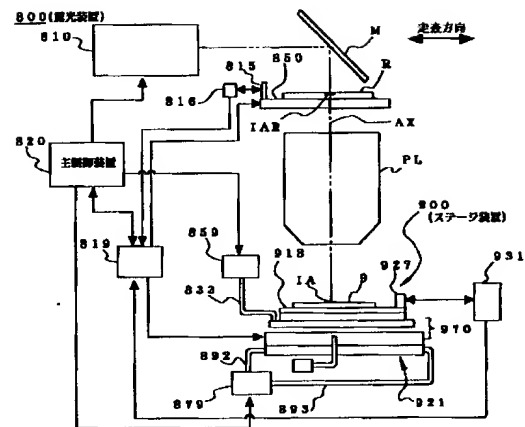
【図26】



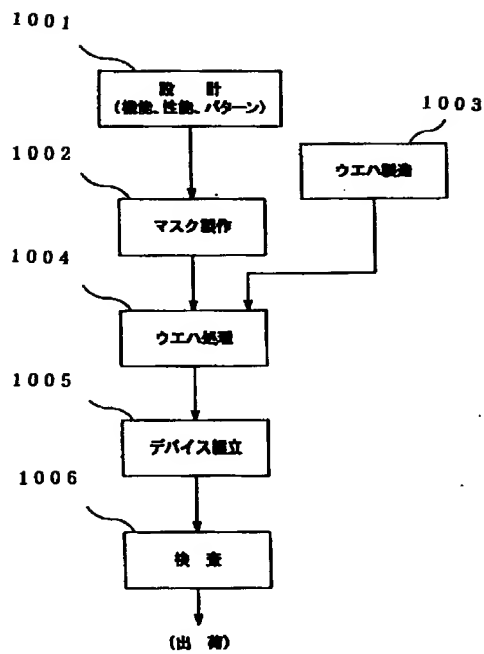
【図27】



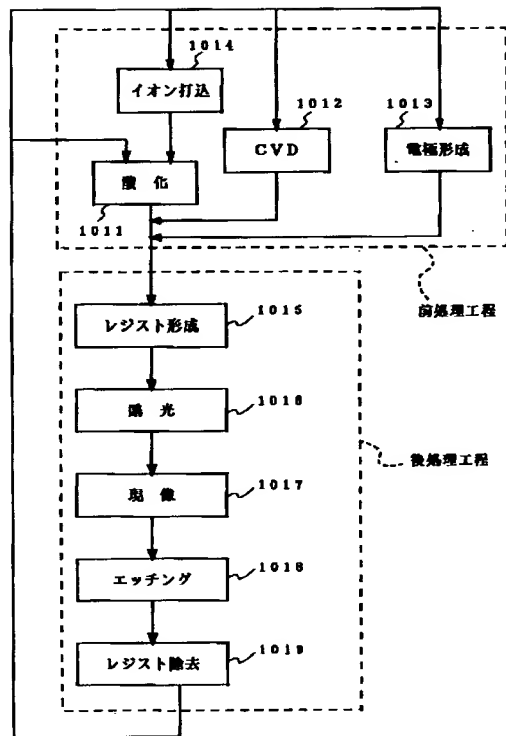
【図28】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 稔久
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72)発明者 小南 忠弘
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

Fターム(参考) 5H002 AA07 AB01 AC03 AC07 AD02
AE08
5H641 BB06 BB14 BB16 BB19 GG02
GG04 GG08 GG11 GG12 GG15
HH06 HH12 HH13 HH14 JA09
JB04